

REC'D PCT/PTO 16 JUL 2004  
REC'D PCT/PTO 03/00130#2

Rec'd PCT/PTO 16 JUL 2004

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC'D 07 MAY 2003

WIPO PCT

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 04 AVR. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, enclosed in an oval, which appears to read 'Martine Planche'.

Martine PLANCHE

### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS CONFORMÉMENT À LA RÈGLE 17.1.a) OU b)

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT  
NATIONAL DE  
PROPRIETE  
INDUSTRIELLE



bis, rue de Saint Pétersbourg  
800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

OB 540 W / 260899

Réserve à l'INPI

EMISE LE 18 JAN 2002

DATE 75 INPI PARIS  
JEU

0200598

1<sup>er</sup> D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI  
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE  
PAR L'INPI

18 JAN. 2002

Vos références pour ce dossier  
( facultatif ) SP 20862 EW TM 034

**11 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE**

BREVALEX

3, rue du Docteur Lancereaux  
75008 PARIS

Confirmation d'un dépôt par télécopie  N° attribué par l'INPI à la télécopie

**2 NATURE DE LA DEMANDE** Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>	N° _____	Date _____
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>	N° _____	Date _____
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>	N° _____	Date _____
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		Date _____

**3 TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)

COMMUTATEUR OPTIQUE A MICRO-MIROIR ET SON PROCEDE DE REALISATION

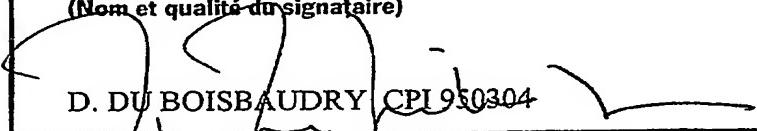
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date _____ N° _____
		Pays ou organisation Date _____ N° _____
		Pays ou organisation Date _____ N° _____
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»		
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
Nom ou dénomination sociale		TEEM PHOTONICS
Prénoms		
Forme juridique		Société anonyme
N° SIREN		.....
Code APE-NAF		.....
Adresse	Rue	Miniparc la Taillat - 13 chemin du Vieux Chêne ZIRST
	Code postal et ville	38240 MEYLAN
Pays		FRANCE
Nationalité		Française
N° de téléphone ( facultatif )		
N° de télécopie ( facultatif )		
Adresse électronique ( facultatif )		

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE		18 JAN 2002
LIEU		75 INPI PARIS
		0200598
N° D'ENREGISTREMENT		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

DB 540 W /2608

<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>( facultatif )</i>		SP 20862 EW TM 034
<b>6. MANDATAIRE</b>		
Nom		DU BOISBAUDRY
Prénom		Dominique
Cabinet ou Société		BREVALEX
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux
	Code postal et ville	75008 PARIS
N° de téléphone <i>( facultatif )</i>		01 53 83 94 00
N° de télécopie <i>( facultatif )</i>		01 45 63 83 33
Adresse électronique <i>( facultatif )</i>		brevets.patents@brevalex.com
<b>7. INVENTEUR (S)</b>		
Les inventeurs sont les demandeurs		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée
<b>8. RAPPORT DE RECHERCHE</b>		
Etablissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9. RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention ( <i>joindre un avis de non-imposition</i> ) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt ( <i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i> ):
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes		
<b>10. SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <i>( Nom et qualité du signataire )</i>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> <b>M. MARTIN</b>
 D. DU BOISBAUDRY CPI 950304		

COMMUTATEUR OPTIQUE A MICRO-MIROIR ET SON PROCEDE DE  
REALISATION

Domaine technique :

5 La présente invention concerne un commutateur optique à micro-miroir ainsi que son procédé de réalisation.

Elle concerne plus précisément un commutateur optique apte à transférer une onde lumineuse véhiculée 10 par une voie optique d'entrée vers une première ou une deuxième voies optiques de sortie.

L'invention trouve des applications dans tous les domaines utilisant des commutateurs optiques et en particulier dans le domaine des télécommunications par 15 voie optique.

Etat de la technique antérieure :

Pour permettre de commuter un faisceau lumineux d'une voie optique d'entrée sur une quelconque des 20 voies de sortie, actuellement il existe deux familles de commutateurs :

- une des familles de commutateurs consiste à amener le faisceau lumineux par un système mécanique apte à véhiculer ledit faisceau lumineux (par exemple une poutre mobile munie d'un guide optique) à l'entrée d'une des voies optiques de sortie ; ce principe est par exemple décrit dans le brevet US 5 078 514,
- l'autre famille de commutateurs utilise un micro-miroir apte à se déplacer entre la voie optique d'entrée et les deux voies optiques de sortie de 30

façon à permettre soit le passage par transmission du faisceau lumineux de la voie d'entrée vers une des voies de sortie soit le passage par réflexion du faisceau de la voie d'entrée vers l'autre voie  
5 de sortie.

L'invention concerne cette dernière famille de commutateurs.

10 L'interposition de micro-miroirs devant un faisceau optique est largement utilisée en espace libre. Les figures 1a et 1b ainsi que les figures 2a et 2b illustrent justement l'utilisation de micro-miroirs en espace libre, apte à se déplacer suivant deux positions entre une fibre d'entrée 1 et deux fibres de sortie 3 et 5.

15 Sur les figures 1a et 1b, l'axe optique de la fibre 3 est dans l'alignement optique de celui de la fibre 1 tandis que celui de la fibre 5 est perpendiculaire à celui de la fibre 1.

Ainsi, lorsque le micro-miroir est dans une 20 position dans laquelle il ne s'interpose pas entre les fibres 1 et 3 sur l'axe optique desdites fibres, le faisceau lumineux sortant de la fibre 1 est transmis à la fibre 3 ; et lorsque le micro-miroir est dans une position dans laquelle il s'interpose entre les fibres 25 1 et 3 sur l'axe optique desdites fibres, le faisceau lumineux sortant de la fibre 1 est réfléchi par le miroir et transmis à la fibre 5.

Dans le cas des figures 1a et 1b, le micro-miroir 7 utilisé se déplace suivant un mouvement de 30 translation. Les flèches 8a et 8b représentent le mouvement de translation du miroir respectivement sur

les figures 1a et 1b. Ce mouvement de translation est réalisé dans un plan contenant celui du micro-miroir.

Dans le cas des figures 2a et 2b, l'axe optique de la fibre 3 est également dans l'alignement optique de celui de la fibre 1 tandis que celui de la fibre 5 est disposé à 45° de celui de la fibre 1. Le micro-miroir 11 utilisé se déplace suivant un mouvement de rotation autour d'une charnière 9 qui est perpendiculaire à l'axe optique de la fibre 1 et qui est contenu dans le plan du miroir. La flèche 10 sur la figure 2b représente le mouvement de rotation du miroir qui est apte à se déplacer de 90°. Ainsi, lorsque le micro-miroir est en-dessous de l'axe optique de la fibre 1, le faisceau lumineux véhiculé par la fibre 1 est transmis à la fibre 3 tandis que lorsque le micro-miroir s'interpose de façon à ce que le faisceau lumineux qui arrive de la fibre 1 est incident à 45° sur celui-ci, il est réfléchi vers la fibre 5.

Les micro-miroirs rigides utilisés dans ces structures sont difficilement transposables en optique intégrée compte tenu du fait que la technologie de réalisation des guides optiques et celle des miroirs sont différentes et donc difficilement compatibles.

En optique intégrée, les commutateurs connus, utilisant le principe de transmission ou de réflexion des faisceaux lumineux sont obtenus par le déplacement de deux fluides (par exemple une bulle d'air dans un liquide) dans une cavité ménagée dans un support comportant des guides optiques formant les voies d'entrée et de sortie, un des fluides permet la transmission du faisceau et l'autre fluide permet sa

réflexion. Ces structures présentent des problèmes de fiabilité compte tenu notamment du déplacement d'un fluide dans une cavité de volume restreint avec des problèmes de pollution.

5 Par ailleurs, les micro-miroirs rigides utilisés en espace libre sont généralement commandés par des forces électrostatiques et les tensions électrostatiques nécessaires à l'obtention de la translation ou de la rotation du miroir doivent être  
10 suffisantes pour déplacer l'ensemble du miroir. Plus les dimensions du miroir sont importantes, plus les forces nécessaires sont importantes.

Exposé de l'invention :

15 La présente invention a pour but de proposer un commutateur optique utilisant un micro-miroir rigide utilisable aussi bien en optique intégrée qu'en optique en espace libre et ne présentant donc pas les problèmes de fiabilité des commutateurs en optique intégrée de  
20 l'art antérieur.

Un autre but de l'invention est de proposer un commutateur optique utilisant un micro-miroir apte à être commandé par des tensions pouvant être plus faibles que celles des micro-miroirs décrits  
25 précédemment.

D'autres buts de l'invention sont encore de proposer un commutateur optique utilisant un micro-miroir minimisant les pertes optiques et pouvant avoir un temps d'accès le plus rapide possible et être  
30 insensible à la polarisation et à la longueur d'onde.

Enfin, un autre but de l'invention est encore de proposer un procédé de réalisation d'un commutateur en optique intégrée qui soit simple, facile à mettre en œuvre et donc présentant un bon rendement de  
5 fabrication.

De façon plus précise, l'invention concerne un commutateur optique comprenant au moins une voie optique d'entrée et au moins une première et une deuxième voies optiques de sortie ainsi qu'un micro-miroir apte à se déplacer entre une sortie de la voie optique d'entrée et des entrées des première et deuxième voies optiques de sortie, la voie optique d'entrée et la première voie optique de sortie présentant un axe optique identique, appelé premier axe optique et la deuxième voie optique de sortie présentant un axe optique dit deuxième axe optique ; selon l'invention, le micro-miroir comporte une partie réfléchissante et une partie actionnante présentant un axe de rotation et apte à entraîner en rotation selon 20 un plan dit de basculement la partie réfléchissante, le plan de basculement étant perpendiculaire à un plan contenant l'axe de rotation et ladite partie réfléchissante comprenant au moins une face réflective dans un plan parallèle au plan de basculement apte à 25 réfléchir une onde lumineuse provenant de la voie d'entrée vers la deuxième voie de sortie, le premier et le deuxième axes optiques formant respectivement un angle  $\alpha$  par rapport à un axe de symétrie.

Selon un mode de réalisation particulier de  
30 l'invention, le commutateur optique comprend une première voie optique d'entrée associée à une première

et une deuxième voies optiques de sortie et une deuxième voie optique d'entrée associée à une troisième et une quatrième voies optiques de sortie, le miroir étant apte à s'interposer soit entre une sortie 5 de la première voie optique d'entrée et des entrées des première et deuxième voies optiques de sortie, soit entre une sortie de la deuxième voie optique d'entrée et des entrées des troisième et quatrième voies optiques de sortie.

10 Selon l'invention, les voies optiques d'entrée et de sortie sont choisies indépendamment les unes des autres parmi des fibres optiques ou des guides optiques.

15 De façon avantageuse, les voies optiques d'entrée et de sortie sont réalisées respectivement par des guides optiques dans un substrat, ledit substrat comportant en outre une cavité apte à permettre la rotation selon le plan dit de basculement de la partie réfléchissante.

20 La réalisation d'un commutateur en optique intégrée utilisant un micro-miroir rigide permet de pallier aux problèmes de fiabilité des commutateurs en optique intégrée de l'art antérieur.

25 Par ailleurs, la largeur de la cavité étant liée aux technologies de réalisation utilisées, elle peut être faible, ce qui permet de minimiser le parcourt des ondes lumineuses en dehors des guides optiques et donc de minimiser les pertes optiques.

30 De plus, selon l'invention, le plan de basculement de la partie réfléchissante et l'axe de rotation de la partie actionnante sont

perpendiculaires. La partie réfléchissante qui comporte la face réflective et la partie actionnante qui comporte en général un jeu d'électrodes et qui forme une zone d'attraction sont découplées, ce qui permet au 5 micro-miroir de l'invention d'utiliser un effet de levier qui démultiplie le déplacement de la partie réfléchissante.

Le mouvement du micro-miroir étant en général obtenu par l'utilisation de forces électrostatiques 10 générées par deux jeux d'électrodes sur lesquelles sont appliquées une différence de potentiel, la zone d'attraction étant indépendante de la partie réfléchissante, la surface des électrodes de la partie actionnante peut être grande ce qui permet de réduire 15 les forces nécessaires pour faire basculer la partie réfléchissante et donc les tensions de commande. Il en est de même de l'espace inter-électrodes qui peut être réduit, ce qui permet également de réduire les forces nécessaires pour faire basculer la partie 20 réfléchissante.

Ainsi, le commutateur comporte en outre un dispositif de commande pour faire basculer la partie réfléchissante. De préférence, ce dispositif de commande comprend un premier jeu d'électrodes disposé 25 sur la partie actionnante, un deuxième jeu d'électrodes disposé sur le substrat, en regard du premier jeu, et des moyens pour appliquer une différence de potentiel entre les deux jeux d'électrodes.

Chaque jeu d'électrode comprend au moins une 30 électrode.

Le micro-miroir de l'invention comporte avantageusement au moins une butée apte à limiter le déplacement de la partie réfléchissante.

Cette butée est réalisée par exemple, dans le 5 cas d'un commutateur à une seule voie d'entrée et à deux voies de sortie, par un renflement d'une extrémité de la partie réfléchissante, la largeur dudit renflement dans un plan perpendiculaire au plan de basculement est supérieure à la largeur de la cavité 10 selon le même plan.

Le commutateur de l'invention permet d'avoir un temps de réponse rapide par exemple de l'ordre de la ms ou de quelques dizaines de  $\mu$ s grâce en particulier aux dimensions du micro-miroir qui peuvent être réduites. 15 Il permet d'être insensible à la polarisation et à la longueur d'onde du fait de l'utilisation pour réaliser la commutation d'un effet de transmission ou de réflexion par un miroir.

Bien entendu, le micro-miroir n'est pas limité 20 à une réflexion totale. En effet, la partie réfléchissante du micro-miroir peut permettre de réfléchir sélectivement une seule polarisation ou certaines longueurs d'ondes et transmettre respectivement l'autre polarisation ou d'autres 25 longueurs d'ondes, le micro-miroir joue alors le rôle de filtre.

L'invention a également pour objet un procédé de réalisation du commutateur de l'invention en optique intégrée.

30 Ce procédé comporte les étapes suivantes :

- a) réalisation dans un premier substrat, d'au moins d'un guide d'entrée, d'un premier et d'un deuxième guides de sortie, de la cavité et du deuxième jeu d'électrodes,
- 5 b) réalisation dans un deuxième substrat du micro-miroir et du premier jeu d'électrodes,
- c) report du deuxième substrat sur le premier substrat de façon à ce que le micro-miroir soit apte à basculer dans la cavité.

10 Bien entendu, ces étapes peuvent comporter en outre la réalisation d'autres éléments, en fonction des applications envisagées.

15 Les étapes a) b) et c) peuvent être réalisées dans cet ordre ou dans un ordre différent. Elles peuvent aussi être imbriquées entre-elles. En particulier, le report du deuxième substrat sur le premier substrat peut être réalisé avant la réalisation complète du micro-miroir.

20 Lorsque la partie actionnante du micro-miroir est conductrice, cette partie actionnante peut alors jouer la fonction du premier jeu d'électrodes ; la réalisation dudit premier jeu est alors confondue avec la réalisation de la partie actionnante du micro-miroir.

25 Selon un premier mode de réalisation, le deuxième substrat est un empilement d'une première couche support, d'une deuxième couche et d'une troisième couche destinée à former le micro-miroir.

30 Selon un mode de réalisation avantageux, la première couche support est une couche de silicium, la deuxième couche est une couche d'oxyde de silicium et

la troisième couche est un film de silicium, le micro-miroir étant réalisé dans ledit film.

Avantageusement, le deuxième substrat est une plaquette de SOI (Silicon On Insulator) obtenue, par exemple, par report d'un film de silicium monocristallin sur un support en silicium comportant une couche d'oxyde thermique. Ce film de silicium est éventuellement épitaxié suivant l'épaisseur de film souhaité.

10 L'étape b) de réalisation du micro-miroir comporte les étapes suivantes :

- gravure de la première couche support puis de la deuxième couche de façon à réaliser une ouverture dans le substrat mettant à nu une partie de la troisième couche,
- 15 gravure de la troisième couche de façon à former les motifs correspondants aux partie réfléchissante et partie actionnante du micro-miroir et à libérer lesdites parties du reste de la troisième couche en laissant subsister ladite couche au niveau de l'axe de rotation de la partie actionnante pour permettre le maintien du micro-miroir au deuxième substrat,
- 20 dépôt d'une couche réflective sur tout ou partie d'une face latérale de la partie réfléchissante de façon à réaliser la face réflective du micro-miroir.

Dans le cas de la réalisation d'une partie réfléchissante avec une butée, la gravure de la 30 troisième couche est réalisée de façon à obtenir un

motif pour la partie réfléchissante comportant ladite butée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés. Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

Brève description des figures :

- 10 - les figures 1a et 1b illustrent un premier exemple de commutateur connu en espace libre,
- les figures 2a et 2b illustrent un deuxième exemple de commutateur connu en espace libre,
- les figures 3a, 3b et 3c illustrent un exemple de réalisation d'un commutateur selon l'invention en optique intégrée,
- 15 - les figures 4a et 4b illustrent une variante de l'exemple précédent dans lequel le micro-miroir comporte une butée,
- la figure 5 représente un autre exemple de commutateur selon l'invention à plusieurs entrées,
- les figures 6a à 6g représentent un exemple de réalisation du commutateur des figures 3a, 3b et 3c.

25

Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

Les figures 3a, 3b et 3c illustrent un exemple de réalisation d'un commutateur selon l'invention réalisé en optique intégrée.

La figure 3a est une vue de dessus dudit commutateur.

La figure 3b est une vue en coupe du commutateur selon un plan contenant la face réflective 5 du micro-miroir.

La figure 3c est une vue en perspective du micro-miroir utilisé dans ce commutateur.

Dans un substrat S1 sont réalisées, une voie optique d'entrée 31 et deux voies optiques de sortie 35 10 et 37. Ces voies optiques sont formées dans cet exemple par des guides optiques.

D'une façon générale, un guide optique se compose d'une partie centrale appelée généralement cœur et de milieux environnants situés tout autour du cœur 15 et qui peuvent être identiques entre eux ou différents.

Pour permettre le confinement de la lumière dans le cœur, l'indice de réfraction du milieu composant le cœur doit être différent et dans la plupart des cas supérieur à ceux des milieux environnants. Le guide 20 peut être un guide planaire, lorsque le confinement de la lumière se fait dans un plan contenant la direction de propagation de la lumière ou un microguide, lorsque le confinement de la lumière est réalisé dans deux directions transverses à la direction de propagation de 25 la lumière.

Pour simplifier la description, on assimilera le guide à sa partie centrale ou cœur et seuls les coeurs de ces guides sont représentés dans l'ensemble des figures.

Par ailleurs, on appellera tout ou partie des milieux environnants, substrat, étant bien entendu que

lorsque le guide est pas ou peu enterré, un des milieux environnants peut être extérieur au substrat et être par exemple de l'air.

Suivant le type de technique utilisé, le substrat peut être monocouche ou multicouches.

En outre, suivant les applications, un guide optique dans un substrat peut être plus ou moins enterré dans ce substrat et en particulier comporter des portions de guide enterrées à des profondeurs variables. Ceci est particulièrement vrai dans la technologie d'échange d'ions dans du verre. Pour simplifier la description, les guides sont représentés à une profondeur constante dans le substrat.

Sur les figures 3a, 3b et 3c, l'axe optique des guides 31 et 37 est le même, tandis que l'axe optique du guide 35 fait un angle  $2\alpha$  avec l'axe optique du guide 31. Les guides 31 et 35 sont disposés symétriquement par rapport à un axe de symétrie S.

La sortie du guide 31 et l'entrée du guide 35 d'une part et l'entrée du guide 37 d'autre part sont séparées par une cavité 39 apte à permettre le basculement d'un micro-miroir 41 selon un plan de basculement B.

Le micro-miroir 41 comprend une partie réfléchissante 13 et une partie actionnante 15 présentant un axe de rotation 17 parallèle à l'axe de symétrie S ; la partie réfléchissante et la partie actionnante étant solidaires l'une de l'autre, la partie actionnante est apte à entraîner en rotation selon un plan dit de basculement la partie réfléchissante. Le plan de basculement de la partie

réfléchissante est perpendiculaire à un plan contenant l'axe de rotation.

La partie réfléchissante comprend au moins une face réflective R dans un plan parallèle au plan de basculement de la partie réfléchissante. Cette face R est apte à réfléchir une onde lumineuse provenant du guide 31 vers le guide 35.

Sur les figures, la face réflective est représentée avec des pointillés.

Ainsi, lorsque la partie réfléchissante du miroir 41 s'interpose dans l'axe optique du guide 31, la face R qui est alors en regard de la sortie du guide 31 et de l'entrée guide 35 réfléchit l'onde lumineuse provenant du guide 31 vers le guide 35.

Au contraire, lorsque la partie réfléchissante du miroir 41 ne s'interpose pas dans l'axe optique du guide 31, l'onde lumineuse provenant du guide 31 est transmise directement via la cavité 9, au guide 37.

Le commutateur comporte en outre un dispositif de commande de la rotation de la partie actionnante pour que celle-ci induise le basculement de la partie réfléchissante et que cette dernière puisse s'interposer ou non dans l'axe optique. Ce dispositif de commande comprend, par exemple, comme représenté figure 3b, un premier jeu d'électrodes J1 disposé sur la partie actionnante, un deuxième jeu d'électrodes J2 disposé sur le substrat, en regard du premier jeu, et des moyens (non représentés), pour appliquer une différence de potentiel entre les deux jeux d'électrodes.

Chaque jeu d'électrodes comprend au moins une électrode. Dans cet exemple, le jeu J1 comporte une seule électrode et le jeu J2 comprend deux électrodes J21 et J22 en regard de l'électrode du jeu J1. Ainsi, 5 l'application d'une différence de potentiel différente entre chacune des électrodes du jeu J2 et celle du jeu J1 permet de faire basculer la partie réfléchissante vers l'électrode du jeu J2 pour laquelle la différence de potentiel est la plus grande.

10 On peut définir ainsi, deux positions :

- une première position (représentée figure 3b) dans laquelle une extrémité de la partie réfléchissante descend dans la cavité 9 grâce aux forces électrostatiques entre les électrodes J1 et J21 ; 15 la face réfléchissante recouvrant au moins cette extrémité, coupe alors l'onde lumineuse (représentée par une ellipse L sur la face R) et permet de réfléchir ladite onde, et
- une deuxième position dans laquelle l'extrémité de la partie réfléchissante remonte de la cavité 39 grâce aux forces électrostatiques entre les électrodes J1 et J22, la face réfléchissante ne coupe plus l'onde lumineuse qui est alors transmises.

La partie réfléchissante du micro-miroir 25 présente une face latérale qui est tout ou en partie réfléchissante ; la partie apte à réfléchir de la face latérale est la face réfléchissante. Sur les figures 3b et 3c, la face latérale est toute réfléchissante et confondue avec la face réfléchissante mais bien entendu, 30 seule la partie (partie utile) de cette face latérale

destinée à venir s'interposer dans l'axe optique, aurait pu être réfléchissante.

La partie actionnante (voir figures 3a et 3c) est réalisée par une zone centrale sur laquelle est 5 disposée l'électrode J1 de dimensions voisines de celles de la zone centrale et une zone plus étroite de part et d'autre de la zone centrale, disposée selon l'axe de rotation, pour relier la zone centrale à une structure rigide. Cette zone plus étroite forme une 10 charnière pour la partie actionnante.

Dans cet exemple de réalisation de commutateur en optique intégrée, la structure rigide à laquelle est reliée la partie mobile est formée par un second substrat S2 disposé sur le substrat 1.

15 Dans l'invention, la partie réfléchissante est apte à se déplacer dans le plan de basculement perpendiculaire à un plan contenant l'axe de rotation 17 de la partie actionnante. Cette dernière permet de faire basculer la partie réfléchissante selon un effet 20 de levier. La partie utile de la face réflective peut être de ce fait éloignée de l'axe de rotation et l'espace inter-électrodes peut être faible (par exemple de quelques  $\mu\text{m}$  ).

Les figures 4a et 4b représentent une variante 25 de réalisation d'un micro-miroir d'un commutateur en optique intégrée, la figure 4a est une vue en perspective du micro-miroir et la figure 4b est une vue de dessous de celui-ci.

Ce micro-miroir comporte, comme précédemment, 30 une partie actionnante 15 et une partie réfléchissante 13. Ces parties sont les mêmes que celles décrites en

référence aux figures 3a à 3c excepté que la partie réfléchissante comporte en outre à une de ses extrémités, opposée à celle présentant la partie utile de la face réflective, une butée 23.

5        Cette butée permet de limiter le déplacement de la partie réfléchissante à l'extérieur de la cavité. De cette façon, elle permet en particulier de bloquer le micro-miroir dans une position pour laquelle la partie réfléchissante ne s'interpose pas devant le faisceau  
10      optique.

La butée est réalisée par exemple par un renflement de l'extrémité de la partie réfléchissante ; la largeur dudit renflement dans un plan perpendiculaire au plan de basculement est supérieure à  
15      la largeur de la cavité selon le même plan.

A titre indicatif, la forme de la cavité 49  
selon ce plan est représentée en pointillé.

La figure 5 représente un autre exemple de commutateur de l'invention en optique intégrée selon  
20      une vue de dessus. Ce commutateur comprend les mêmes éléments que ceux de la figure 3a et en particulier un premier guide d'entrée 31 associé à un premier guide de sortie 35 et à un deuxième guide de sortie 37 mais il comporte également un deuxième guide d'entrée 31'  
25      associé à un troisième et un quatrième guides optiques de sortie 35' et 37'. Les guides 31' et 35' sont situés symétriquement par rapport à un axe de symétrie S' et font avec cet axe, respectivement un angle  $\beta$ .

La partie réfléchissante 13 du micro-miroir est  
30      apte à s'interposer soit entre la sortie du premier guide optique d'entrée et les entrées des premier et

deuxième guides optiques de sortie, soit entre la sortie du deuxième guide optique d'entrée et les entrées des troisième et quatrième guides optiques de sortie.

5           Ainsi, lorsque le faisceau lumineux véhiculé par le guide 31 est réfléchi vers le guide 35, le faisceau lumineux véhiculé par le guide 31' est transmis au guide 37'. De la même façon, lorsque le faisceau lumineux véhiculé par le guide 31 est transmis 10 au guide 37, le faisceau lumineux véhiculé par le guide 31' est réfléchi vers le guide 35'.

Les figures 6a à 6g illustrent un exemple de réalisation du commutateur représenté figures 3a à 3c. Les figures 6a à 6d sont des coupes selon un plan 15 parallèle au plan de basculement et représentent la réalisation du micro-miroir dans un substrat S2, la figure 6e représente la préparation du substrat S1 comportant les guides optiques et les figures 6f et 6g sont des coupes dans un plan perpendiculaire au plan de 20 basculement du commutateur après report du micro-miroir sur le substrat S1.

Sur la figure 6a est représenté le substrat S2 qui est formé dans cet exemple par une plaquette de type SOI « Silicon On Insulator » qui correspond à un 25 empilement de trois couches : une couche de silicium 50, une couche de silice 51 et un film mince de silicium 52 avantageusement monocristallin.

Une gravure a été réalisée dans la couche de silicium 50 puis dans la couche de silice 51 de façon à 30 obtenir une ouverture 33. La gravure de la couche 50 peut être réalisée selon des plans cristallographiques

préférentiels en utilisant la couche de silice comme couche d'arrêt, cette gravure est, par exemple, une gravure chimique anisotrope de type KOH de façon à obtenir une ouverture de forme conique et la gravure de 5 la couche 51 peut être réalisée par une gravure sèche anisotrope de type gravure ionique réactive à partir de gaz fluorés.

La couche de silice aurait pu être conservée dans l'ouverture 33.

10 La figure 6b représente une étape d'épitaxie du film 52 de silicium ; cette étape permet d'adapter l'épaisseur de la couche de silicium à l'épaisseur désirée du micro-miroir à réaliser. Bien entendu, si l'épaisseur initiale du film 52 est suffisante, cette 15 épitaxie n'est pas nécessaire.

A titre d'exemple, l'épaisseur de la couche 54 de silicium obtenue après épitaxie est par exemple comprise entre 5 et 50  $\mu\text{m}$  suivant les caractéristiques mécaniques et la surface réflective mise en jeu.

20 La figure 6c représente la réalisation du micro-miroir par gravure de la couche 54 selon un motif approprié.

Pour cela deux gravures sont par exemple réalisées :

- 25 - une première gravure permettant d'évider la partie centrale du micro-miroir,
- une deuxième gravure permettant de libérer le micro-miroir du reste de la couche 54 (la partie actionnante n'est plus alors reliée à la couche 54 30 que par la zone étroite correspondant à la charnière de la partie actionnante).

La première gravure doit être réalisée à partir de la face du film 54 opposée à la face présente dans l'ouverture 33. Cette gravure est réalisée à travers un masque approprié (non représenté) et permet notamment 5 d'amincir le film 54 en dehors des zones destinées à former les deux extrémités E1 et E2 de la partie réfléchissante.

La deuxième gravure peut être réalisée à partir de l'une ou l'autre des faces de la couche 54. Le 10 masque (non représenté) utilisé pour cette gravure doit permettre de graver la couche 54 sur toute son épaisseur restante de façon à obtenir le contour du micro-miroir c'est-à-dire la partie réfléchissante et la partie mobile telles que représentées en vue de 15 dessus sur la figure 3a ou la figure 4b dans le cas de l'utilisation d'une butée.

La première et la deuxième gravures sont choisies indépendamment l'une de l'autre parmi une gravure chimique anisotrope par exemple avec une 20 solution de KOH ou une gravure sèche anisotrope par exemple une gravure ionique réactive à partir de gaz fluorés SF<sub>6</sub>.

Ces gravures doivent permettre d'obtenir une bonne qualité de surface car elles servent à la 25 réalisation de la face latérale du micro-miroir.

Après cette étape, comme représenté figure 6d, on effectue sur la partie réfléchissante au moins sur la face latérale un dépôt de matériau réfléchissant tel que de l'aluminium ou de l'or ou encore des 30 multicoques diélectriques déposés par évaporation ou pulvérisation cathodique. On réalise ainsi la face

réflective du micro-miroir. Par ailleurs, on réalise un dépôt conducteur dans la partie évidée du micro-miroir et de façon plus précise sous la partie mobile selon un motif tel que représenté en perspective sur la figure 5 3c. On obtient alors, l'électrode J1. Ce dépôt conducteur est réalisé par exemple par dépôt d'une couche de matériau métallique tel que de l'aluminium, de l'or, du chrome...etc. puis gravure de cette couche. En même temps que la formation de cette électrode, la 10 liaison électrique (non représentée) de cette électrode à des moyens d'alimentation est également réalisée.

Lorsque la couche 54 est elle-même conductrice, comme c'est le cas pour le silicium, alors ce dépôt conducteur n'est pas nécessaire et la partie de la 15 couche 54 correspondant à la partie actionnante forme alors elle-même l'électrode.

Sur la figure 6e est représenté, en coupe dans un plan contenant le guide d'entrée 31 et le guide de sortie 37, le substrat S1. Les guides optiques peuvent être réalisés dans le substrat, par toutes les techniques d'optique intégrée et en particulier par les techniques d'échanges d'ions dans du verre, ou par les techniques de dépôt de silice sur silicium ou sur verre ou encore sur silice fondu.

Une cavité 39 est par ailleurs réalisée dans le substrat par exemple pour un substrat en verre, cette cavité peut être obtenue par une gravure de type chimique à partir d'acide fluorhydrique à travers un masque (non représenté).

Pour un substrat en silice, ou semi-conducteur, cette cavité est de préférence réalisée par une gravure

sèche anisotrope afin d'obtenir des flans de gravure de très bonne perpendicularité par rapport à la surface du substrat.

Cette cavité peut également être réalisée par  
5 un sciage mécanique tel qu'un poli-sciage.

On réalise par ailleurs, à la surface du substrat S1, (avant ou après la réalisation de la cavité) un dépôt conducteur que l'on grave de façon à obtenir les électrodes J12 et J22 du jeu J2.

10 Ce dépôt est par exemple une couche de matériau métallique tel que de l'aluminium, de l'or, du chrome déposée par évaporation ou pulvérisation cathodique et gravée par gravure chimique ou gravure ionique réactive de façon à obtenir les deux électrodes J21 et J22. En  
15 même temps, que la réalisation de cette électrode, les liaisons électriques (non représentées) de ces électrodes à des moyens d'alimentation sont également réalisées.

Les figures 6f et 6g illustrent le commutateur  
20 de l'invention après report du substrat S2 sur le substrat S1 de façon à ce que le micro-miroir soit en regard de la cavité et en particulier que la partie réfléchissante puisse avoir un mouvement de bascule à l'intérieur de cette dernière.

25 Sur la figure 6f, la partie réfléchissante du micro-miroir est en position haute autrement dit, la face réflective ne s'interpose pas dans l'axe optique des guides 31 et 37 et le faisceau lumineux véhiculé par le guide 31 est transmis directement via la cavité  
30 39 au guide 37.

Sur la figure 6g, la partie réfléchissante du micro-miroir est en position basse autrement dit, la face réflective s'interpose dans la cavité 39 à l'axe optique du guide 31 et le faisceau lumineux véhiculé par le guide 31 est réfléchi par la face réflective vers le guide 35 qui n'est pas dans le plan de coupe de la figure 6g.

Le report du substrat S2 sur le substrat S1 peut être réalisé par toutes les techniques connues et notamment par les techniques d'adhésion moléculaire ou encore par un collage approprié (par exemple un cordon de colle polymère) ou encore par brasure.

Un empilement du substrat S2 tel que représenté sur la figure 6a peut également être réalisé par un support en silicium sur lequel on réalise une oxydation thermique pour former la couche de silice et enfin un dépôt de silicium polycristallin d'épaisseur appropriée à la réalisation du micro-miroir.

Dans cet exemple de réalisation, le substrat S2 est reporté sur le substrat S1 après la réalisation du micro-miroir ; bien entendu le substrat S2 peut être reporté sur le substrat S1 avant la réalisation dudit micro-miroir ou tout au moins avant sa libération de façon à ce que le report se fasse avec une structure plus rigide mécaniquement.

Les exemples de réalisation précédemment décrits concernent des commutateurs en optique intégrée utilisant des guides optiques. Bien entendu, comme on l'a vu précédemment, le commutateur de l'invention peut être réalisé en espace libre. Dans ce cas, les guides d'entrée et de sortie sont des fibres optiques qui

peuvent être disposées dans un substrat dans lequel ont été aménagés des rails (par exemple des « v » groove) pour maintenir lesdites fibres. Une cavité pour le déplacement du micro-miroir peut être également prévue  
5 entre les extrémités des fibres. Le micro-miroir peut être comme dans le cas des guides optiques disposé sur un substrat indépendant, reporté sur le substrat des fibres.

## REVENDICATIONS

1. Commutateur optique comprenant au moins une voie optique d'entrée (31) et au moins une première et une deuxième voies optiques de sortie (35, 37) ainsi 5 qu'un micro-miroir (41) apte à se déplacer entre une sortie de la voie optique d'entrée et des entrées des première et deuxième voies optiques de sortie, la voie optique d'entrée et la première voie optique de sortie présentant un axe optique identique, appelé premier axe 10 optique et la deuxième voie optique de sortie présentant un axe optique dit deuxième axe optique, caractérisé en ce que le micro-miroir comporte une partie réfléchissante (13) et une partie actionnante (15) présentant un axe de rotation (17) et apte à entraîner en rotation selon un plan dit de basculement 15 (B) la partie réfléchissante, le plan de basculement étant perpendiculaire à un plan contenant l'axe de rotation et ladite partie réfléchissante comprenant au moins une face réflective (R) dans un plan parallèle au plan de basculement apte à réfléchir une onde lumineuse provenant de la voie d'entrée vers la deuxième voie de 20 sortie, le premier et le deuxième axes optiques formant respectivement un angle  $\alpha$  par rapport à un axe de symétrie (S).

25

2. Commutateur optique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une première voie optique d'entrée (31) associée à une première et une deuxième voies optiques de sortie (35, 37) et une 30 deuxième voie optique d'entrée (31') associée à une troisième et une quatrième voies optiques de sortie

(35', 37'), le micro-miroir étant apte à s'interposer soit entre une sortie de la première voie optique d'entrée et des entrées des première et deuxième voies optiques de sortie, soit entre une sortie de la 5 deuxième voie optique d'entrée et des entrées des troisième et quatrième voies optiques de sortie.

3. Commutateur optique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les voies optiques d'entrée 10 et de sortie sont choisies indépendamment les unes des autres parmi des fibres optiques ou des guides optiques.

4. Commutateur optique selon l'une quelconque 15 des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les voies optiques d'entrée et de sortie sont réalisées respectivement par des guides optiques dans un premier substrat (S1), ledit substrat comportant en outre une cavité (39) apte à permettre la rotation selon le plan 20 dit de basculement (B) de la partie réfléchissante.

5. Commutateur optique selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif de commande pour faire basculer la partie 25 réfléchissante, ce dispositif de commande comprenant un premier jeu d'électrodes (J1) disposé sur la partie actionnante, un deuxième jeu (J2) d'électrodes disposé sur le premier substrat, en regard du premier jeu, et des moyens pour appliquer une différence de potentiel 30 entre les deux jeux d'électrodes.

6. Commutateur optique selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque jeu d'électrode comprend au moins une électrode (J1, J21, J22).

5 7. Commutateur optique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le micro-miroir comporte au moins une butée (23) apte à limiter le déplacement de la partie réfléchissante (13).

10

8. Commutateur optique selon la revendication 7, caractérisé en ce que la butée est réalisée dans le cas d'un commutateur à une seule voie d'entrée et à deux voies de sortie, par un renflement d'une extrémité 15 de la partie réfléchissante, la largeur dudit renflement dans un plan perpendiculaire au plan de basculement étant supérieure à la largeur de la cavité selon le même plan.

20

9. Procédé de réalisation d'un commutateur optique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- a) réalisation dans un premier substrat (S1) d'au moins 25 un guide d'entrée (31), d'un premier et d'un deuxième guides de sortie (35, 37), de la cavité (39) et du deuxième jeu d'électrodes (J2),  
b) réalisation dans un deuxième substrat (S2) du micro-miroir (41) et du premier jeu d'électrodes (J1),

c) report du deuxième substrat sur le premier substrat de façon à ce que le micro-miroir soit apte à basculer dans la cavité.

5           10. Procédé de réalisation d'un commutateur optique selon la revendication 9, caractérisé en ce que le deuxième substrat est un empilement d'une première couche support (50), d'une deuxième couche (51) et d'une troisième couche (52) destinée à former le micro-  
10 miroir.

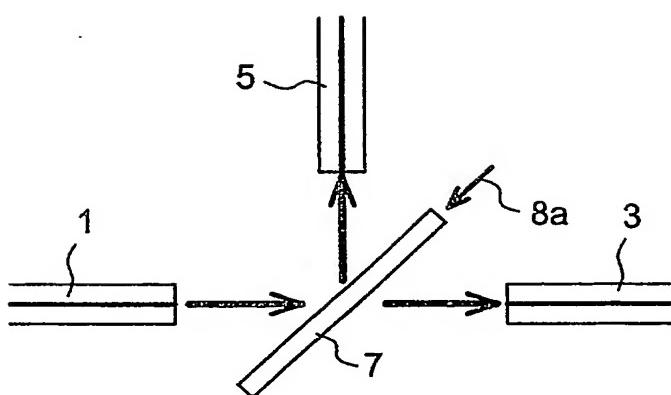
15           11. Procédé de réalisation d'un commutateur optique selon la revendication 10, caractérisé en ce que la première couche support est une couche de silicium, la deuxième couche est une couche d'oxyde de silicium et la troisième couche est un film de silicium, le micro-miroir étant réalisé dans ledit film.

20           12. Procédé de réalisation d'un commutateur optique selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit film est en silicium monocristallin.

25           13. Procédé de réalisation d'un commutateur optique selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que la réalisation du micro-miroir de l'étape B) comporte les étapes suivantes :  
- gravure de la première couche support puis de la deuxième couche de façon à réaliser une ouverture  
30           (33) dans le deuxième substrat mettant à nu une partie de la troisième couche,

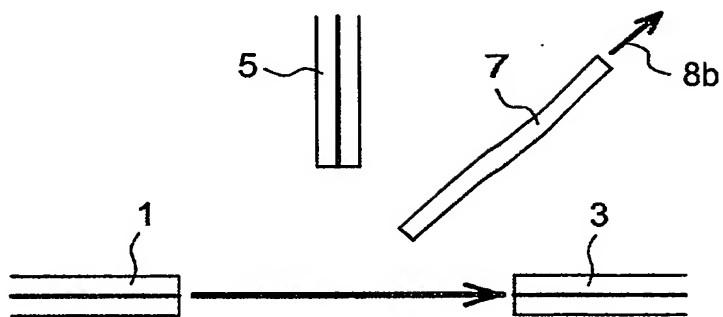
- gravure de la troisième couche de façon à former les motifs correspondant aux partie réfléchissante (13) et partie actionnante (15) du micro-miroir et à libérer lesdites parties du reste de la troisième couche en laissant subsister ladite couche au niveau de l'axe de rotation de la partie actionnante pour permettre le maintien du micro-miroir au deuxième substrat (S2),  
5
- dépôt d'une couche réflective sur tout ou partie d'une face latérale de la partie réfléchissante de façon à réaliser la face réflective (R) du micro-miroir.  
10

1 / 8

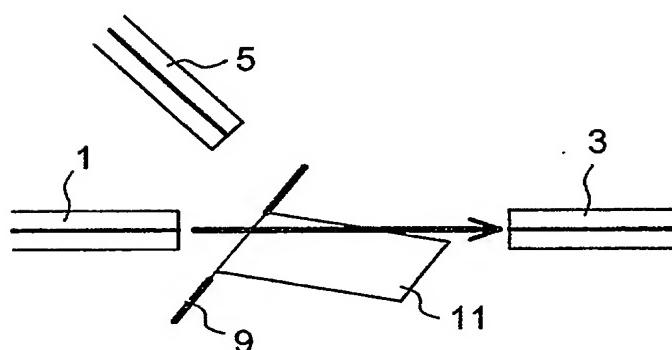


**FIG. 1a**

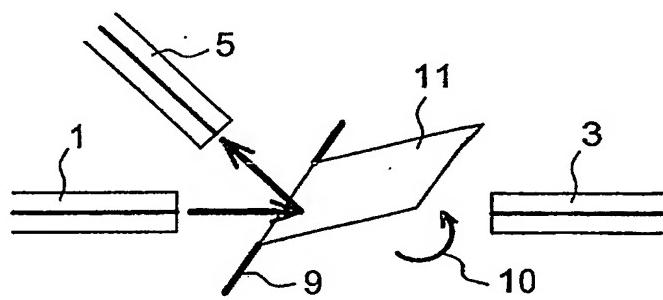
**FIG. 1b**

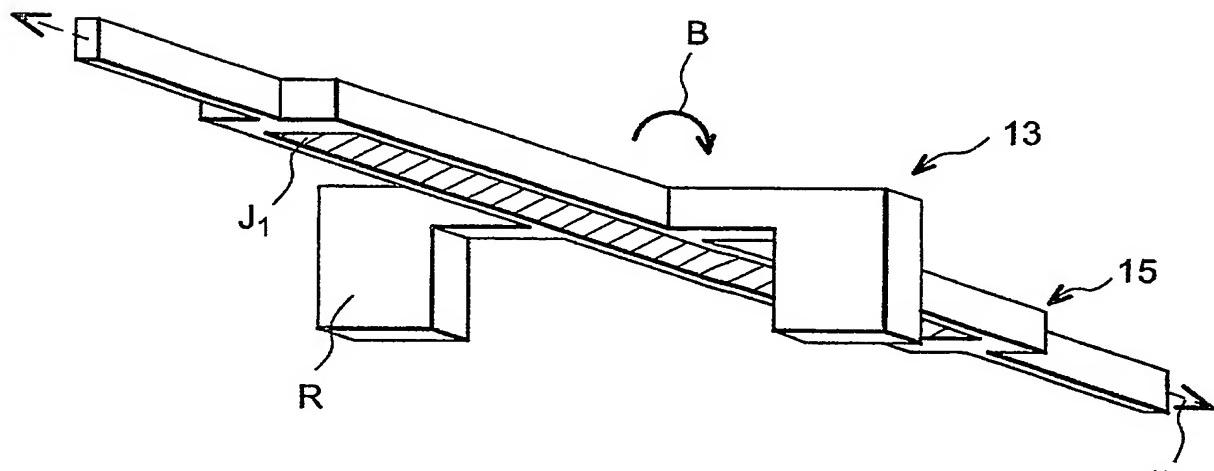
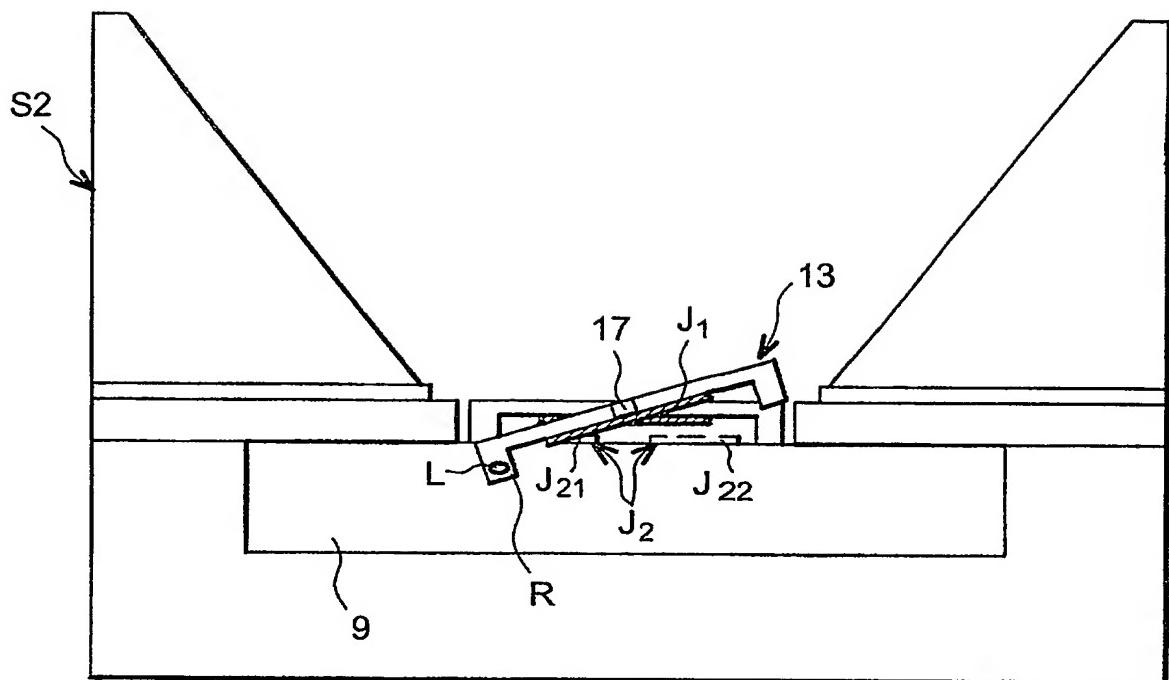


**FIG. 2a**



**FIG. 2b**





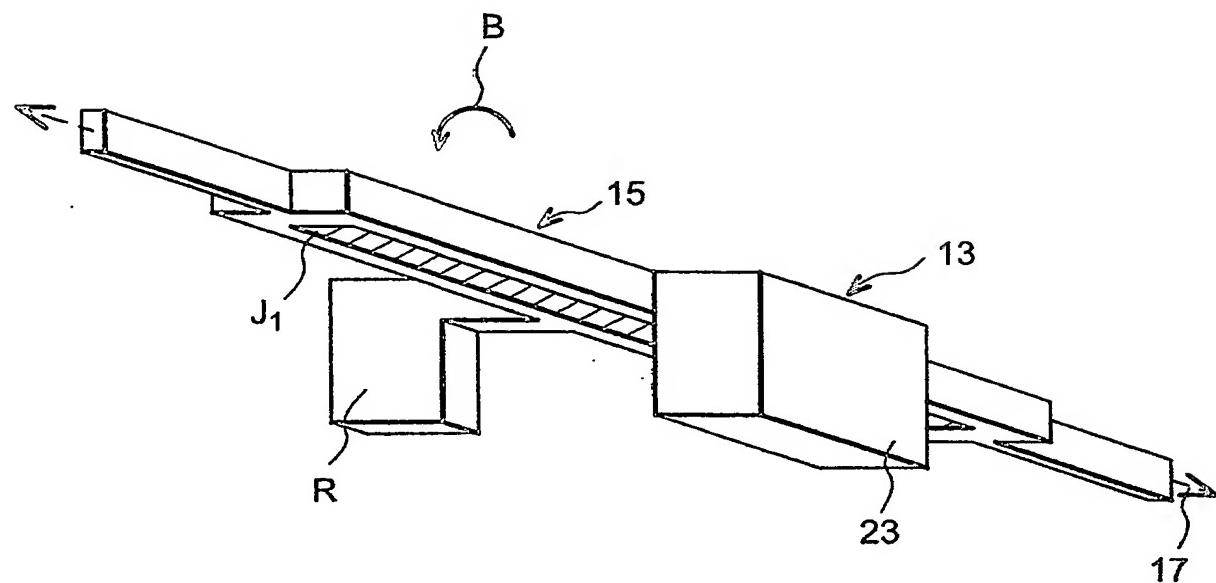


FIG. 4a

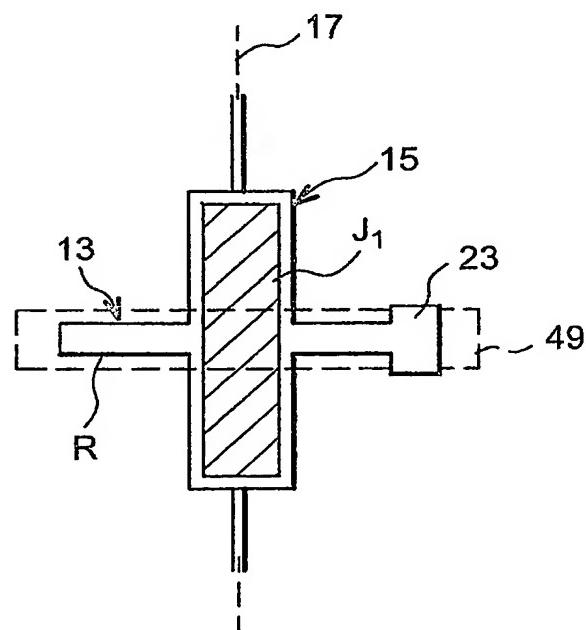
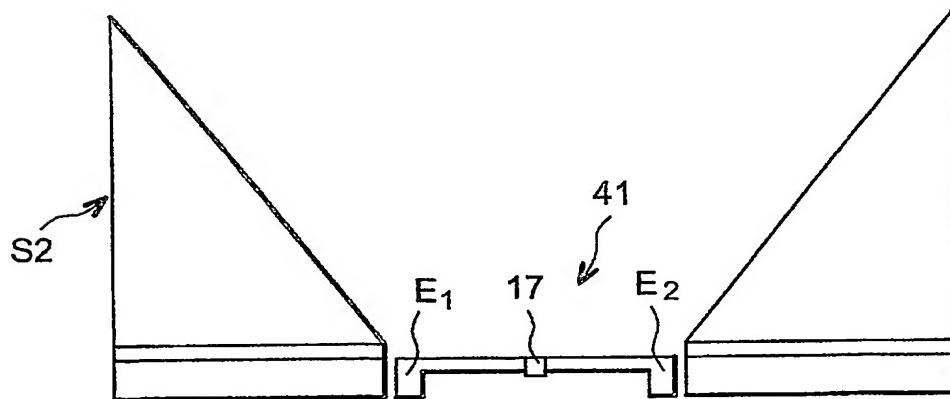
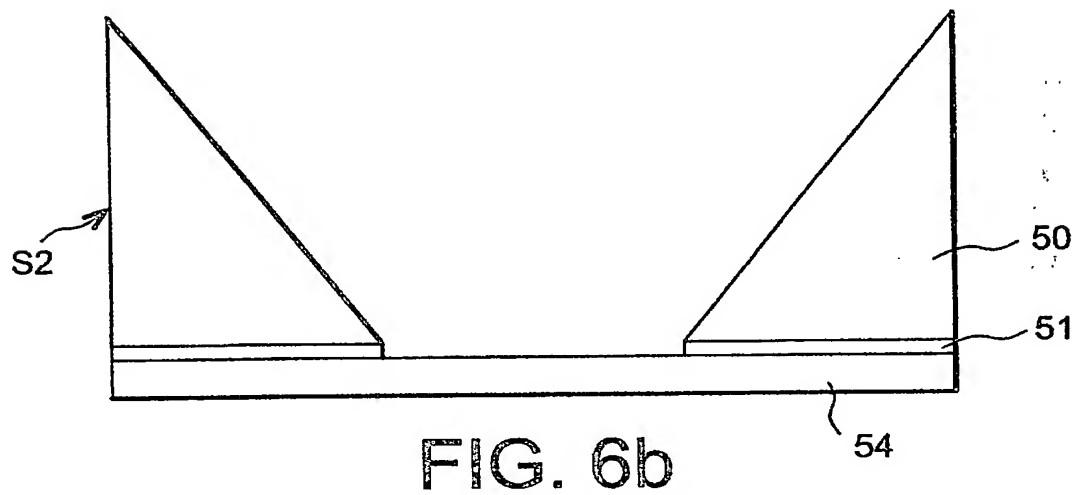
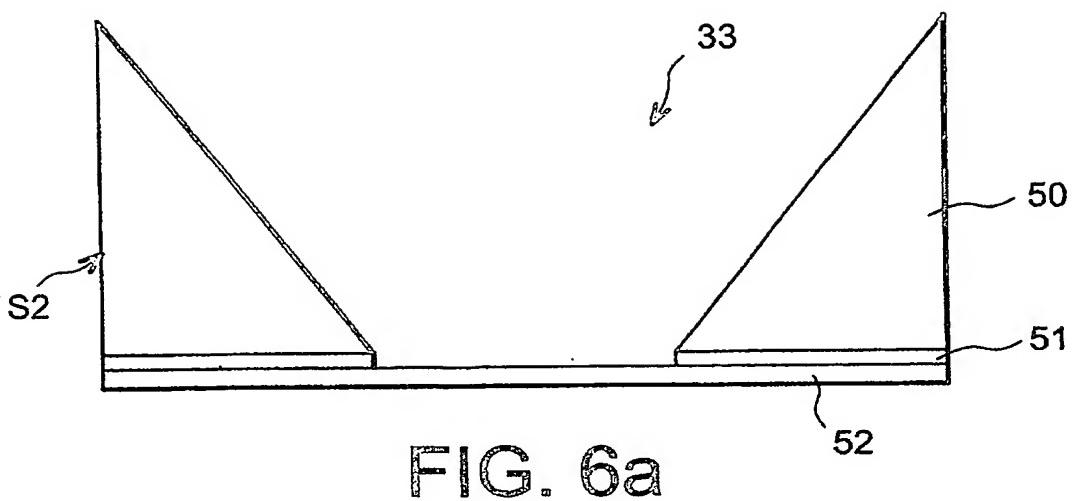


FIG. 4b



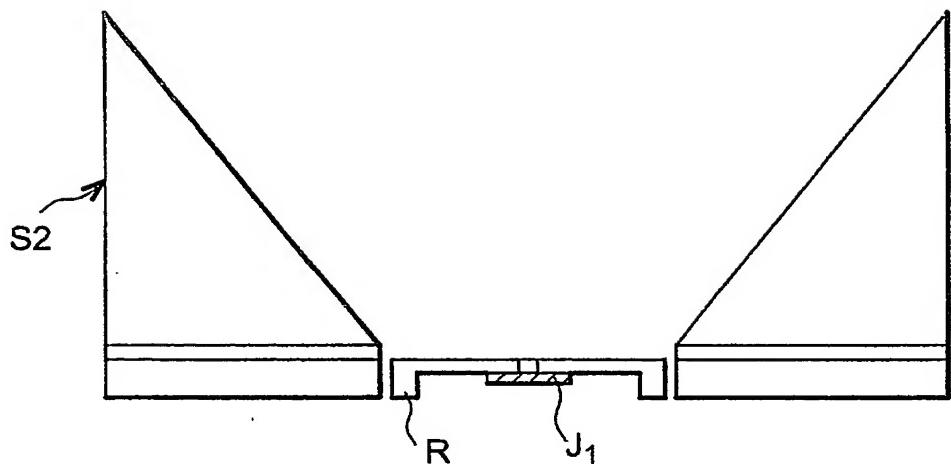


FIG. 6d

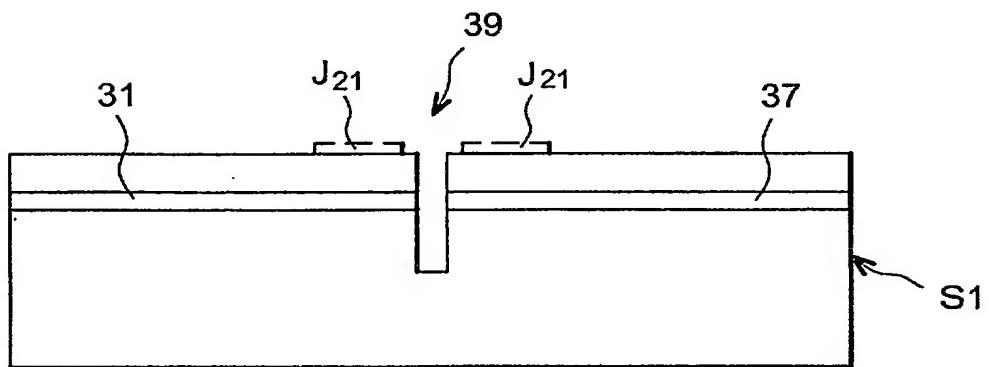


FIG. 6e

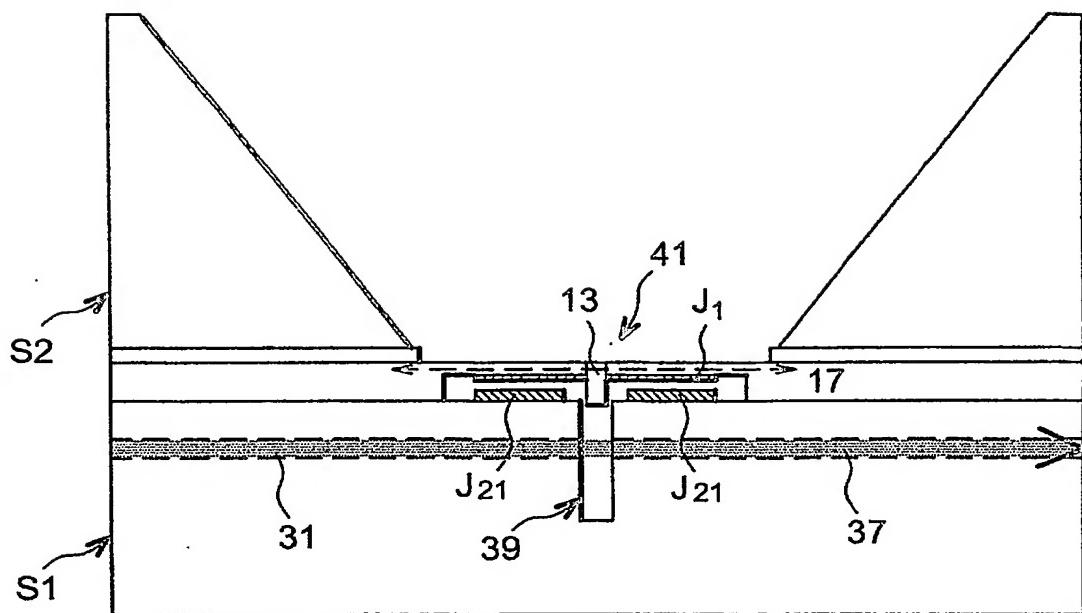


FIG. 6f

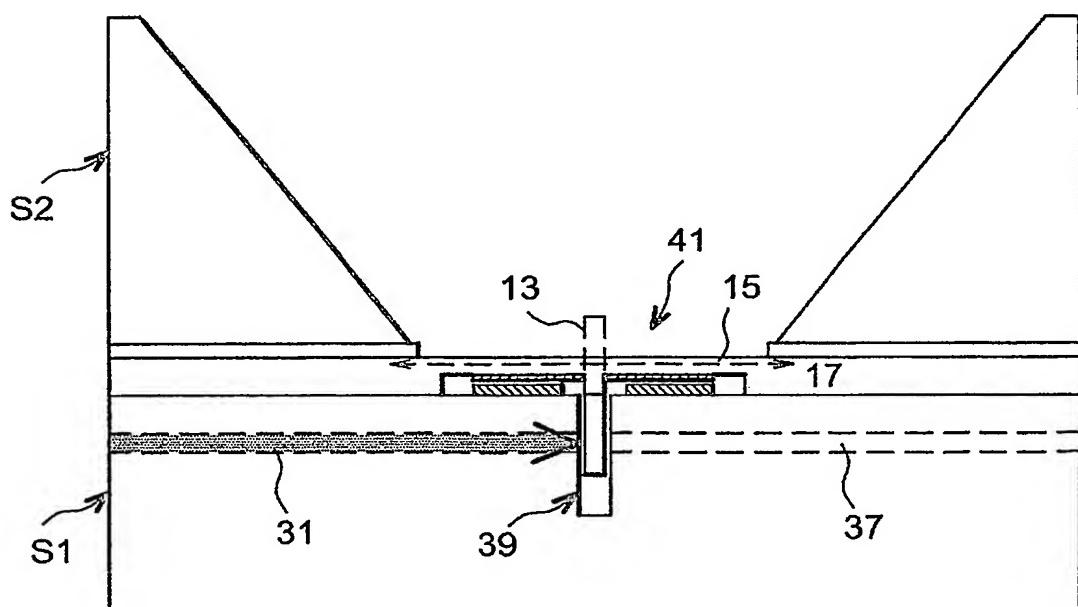


FIG. 6g



## **BREVET D'INVENTION**



Nº 11235°02

## **CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

## DÉPARTEMENT DES BREVETS

**26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30**

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° . . . / 1..  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260599

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**